

**AFPP – CINQUIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE
SUR LES MÉTHODES ALTERNATIVES DE PROTECTION DES PLANTES
LILLE – 11 AU 13 MARS 2015**

**LES LEVIERS AGRONOMIQUES LES PLUS PRECONISES POUR LA GESTION DE LA FLORE ADVENTICE
SONT-ILS EFFECTIFS SUR DES EXPLOITATIONS REELLES ?**

C. DENIEUL⁽¹⁾, M. LECHENET⁽²⁾, F. EHRY⁽³⁾

⁽¹⁾InVivo AgroSolutions. 83, avenue de la Grande Armée- 75782 PARIS Cedex 16, France
cdenieul@invivo-group.com

⁽²⁾INRA, UMR Agroécologie. Bâtiment Coste 17, rue Sully 21000 Dijon, France
Martin.Lechenet@dijon.inra.fr

⁽³⁾InVivo AgroSolutions. 83, avenue de la Grande Armée- 75782 PARIS Cedex 16, France
fehry@invivo-group.com

RÉSUMÉ

La gestion des adventices demeure un aspect critique pour les productions végétales dans les exploitations agricoles. Au travers de cette étude, nous proposons d'évaluer et d'analyser les impacts des leviers prophylactiques et curatifs, alternatifs aux méthodes herbicides chimiques, dans la gestion des adventices. L'étude est basée sur des données techniques issues d'un échantillon de plus de 200 systèmes de cultures suivis entre 2011 et 2013 au sein d'exploitations agricoles de diverses situations de production en France. L'étude permet d'observer l'effet des stratégies de gestion des adventices sur les performances des exploitations agricoles tels que la production, l'utilisation de produits phytosanitaires, la rentabilité économique ainsi que le risque d'apparition de résistance aux herbicides.

Mots-clés : gestion des adventices, mesures agronomiques, Réseau FERMEcophyto, performances technico-économiques.

ABSTRACT

ARE THE MOST ADVOCATED WEED MANAGEMENT AGRONOMIC MEASURES REAL IN COMMERCIAL FARM?

Weed control remains a critical aspect of plant production in arable farming. Here we propose to assess and analyze the potential benefits of prophylactic and curative agronomic measures in weed management. Our study is based on the technical data provided by a sample of more than 200 contrasting cropping systems implemented between 2011 and 2013 in commercial farms from diverse French production situations. The target objective is to discuss the effect of weed management strategy on cropping system performances such as productivity, pesticide use, profitability, and risk of weed resistance.

Keywords: weed management, agronomic measures, FERMEcophyto network, technical and economic performances.

INTRODUCTION

Les pressions sociétales et politiques qui s'exercent sur l'agriculture sont de plus en plus fortes. Les exigences concernent notamment la réduction d'usage des produits phytosanitaires (Plan Ecophyto), pour des raisons environnementales et sanitaires. L'enjeu est donc de répondre à cet objectif tout en maintenant, voire en améliorant, les autres volets de la performance des exploitations agricoles. Ces performances dépendent de la situation de production, c'est-à-dire des contextes bio-physique (e.g. climat, potentiel de production) et socio-économique (e.g. accès aux filières de valorisation) dans lesquels évolue une exploitation agricole. Ces performances sont également conditionnées par la stratégie de gestion mise en œuvre par l'agriculteur (e.g. choix des successions culturales, stratégie de travail du sol). Une analyse menée à large échelle des performances des exploitations agricoles doit donc à la fois tenir compte de la diversité des situations de production et des stratégies de gestion.

Le travail présenté dans cet article est basé sur la synthèse d'une base de données issue du réseau DEPHY-FERMEcophyto des Coopératives qui regroupe 34 structures coopératives pour le suivi de 290 exploitations de grandes cultures, polyculture-élevage, viticulture, arboriculture et cultures légumières. Ces exploitations sont toutes engagées dans un objectif de réduction d'usage de pesticides et de leur impact sur l'environnement. Chaque année, les informations sur les pratiques culturales et les résultats de production sont enregistrées sur près de 5 550 parcelles couvrant plus de 30 000 hectares. L'étude menée ici porte sur le jeu de données collectées de 2010 à 2013.

L'objectif de cet article est d'évaluer les performances en situation réelle des leviers agronomiques les plus préconisés pour la gestion de la flore adventice. Cinq leviers majeurs ont été retenus pour l'analyse. Les hypothèses relatives à leur choix figurent ci-dessous :

PRESENCE DE CULTURES DE PRINTEMPS DANS LA SUCCESSION CULTURALE

L'alternance de cultures d'hiver et de printemps évite la pression de sélection sur un type d'adventice. Les adventices hivernales ont des dates de germination semblables aux cultures hivernales, de même pour les adventices printanières et les cultures de printemps. La présence d'une culture de printemps, dans une succession composée majoritairement de cultures d'hiver permet de réduire les risques d'échec de gestion des adventices liés à des niveaux d'infestations élevés d'un seul type de flore, qui peuvent engendrer des pertes de rendement (LIEBMAN M et al., 1993 ; ANDERSON RL, 1998).

REALISATION D'UN LABOUR

L'objectif d'un labour est de diminuer les levées d'adventices en réduisant le stock semencier superficiel (et donc à même de germer) par enfouissement des graines dans le sol. BÁRBERI P et al. (2000) ont ainsi pu démontrer que le labour permettait de diminuer les niveaux d'infestations des adventices en culture. L'analyse ici réalisée prend en compte l'effet de la fréquence de labour sur les performances du système de culture.

DECALAGE DE LA DATE DE SEMIS

Le décalage de la date de semis a pour but de modifier la période d'implantation de la culture pour éviter la période de germination préférentielle des principales adventices nuisibles. L'inconvénient majeur de ce levier est le risque d'impacter négativement le potentiel de rendement de la culture, dans le cas d'un retard de date de semis. Cependant, IRASMUSSEN IA (2004) a pu montrer qu'en situation de forte infestation, retarder le semis des céréales démontrait son intérêt puisque le rendement était moins affecté par le semis retardé que par la nuisibilité directe des mauvaises herbes. Dans notre étude, l'analyse des dates de semis concerne uniquement le blé tendre d'hiver. Les semis ont été classés en 3 catégories : semis précoce, intermédiaire et tardif, déterminées pour chaque région à dire d'experts.

FAUX-SEMIS PENDANT L'INTERCULTURE

La pratique du faux-semis consiste à créer un lit de semence favorable à la germination des adventices avant le semis d'une culture. Cette opération est réalisée à la période d'interculture et a pour objectif de faire diminuer le stock semencier d'adventices. RASMUSSEN IA (2004) a montré que l'efficacité du faux-semis sur la gestion de la flore adventice était accrue lorsque cette technique était combinée à un retard de la date de semis. Outre la possibilité de réaliser plusieurs opérations de faux-semis, le retard de date de semis permet de mieux caler les faux-semis sur la période de levée préférentielle des adventices qui, du fait de l'historique des pressions de sélection, est proche des dates de semis habituellement pratiquées.

DESHERBAGE MIXTE

Le désherbage mixte est défini comme étant l'association d'un désherbage chimique et mécanique de la culture. Chacune de ces opérations peut se réaliser indépendamment ou en combinaison, alors communément appelé désherbinage. Dans l'étude, le terme désherbage mixte regroupe les deux techniques. L'intérêt du désherbage mixte est de substituer une (ou plusieurs) intervention chimique par le passage d'outils de désherbage mécanique, permettant aussi de diversifier les modes de perturbation de la flore adventice. Cette technique de désherbage vise donc directement à diminuer l'utilisation de produits herbicides sur les cultures considérées.

MATERIEL ET MÉTHODE

L'étude prend en compte deux échelles d'analyse des performances technico-économiques associées aux leviers agronomiques. Les performances techniques sont le rendement, l'IFT herbicide (Indice de Fréquence de Traitement pour les herbicides) et l'utilisation d'herbicides du groupe HRAC B. La performance économique évaluée est la marge brute.

ÉCHELLES ETUDIÉES

Échelle parcellaire annuelle

L'échelle parcellaire permet de comparer les performances technico-économiques à l'échelle d'une culture donnée, une année donnée.

Échelle Système de Culture

C'est une échelle multi-parcellaire et pluriannuelle caractérisée par une succession de cultures et les itinéraires techniques associés à la conduite de chacune de ces cultures. L'analyse des performances à cette échelle présente l'intérêt majeur de permettre de capter l'effet combinatoire et cumulatif des pratiques sur plusieurs années (ex : effet d'un précédent sur les cultures suivantes).

Pour exprimer les indicateurs de performance à l'échelle du système de culture, on applique la méthode suivante :

- (i) On moyenne les performances calculées à l'échelle d'un lot de parcelles appartenant au même système de culture en pondérant, pour chaque parcelle, la valeur au prorata de la surface que cette parcelle représente dans le système de culture.
- (ii) On moyenne ensuite ces valeurs sur l'ensemble des années disponibles.

CHOIX ET CALCULS DES INDICATEURS

Les quatre indicateurs analysés dans cette étude sont évalués indépendamment puis rapportés à la moyenne régionale (e.g. IFT) ou à la moyenne issue du bassin de collecte de la coopérative auquel est rattachée l'exploitant agricole (e.g. marge brute), ceci afin de s'affranchir de l'effet de la situation de production sur les performances. Cette contextualisation des performances (exprimées en pourcentage de la moyenne locale de référence) permet d'analyser directement l'effet de la stratégie de gestion sur l'ensemble des individus.

Rendement

Le rendement est un indicateur faisant état des volumes de production réalisés à l'hectare. Il est exprimé en pourcentage de la référence locale annuelle, définie par la coopérative.

Marge brute

La marge brute est l'indicateur utilisé pour évaluer la rentabilité économique. Dans l'étude, le calcul de la marge brute est réalisé à l'hectare et prend en compte uniquement les charges d'intrants (semences, engrais, phytosanitaires). Cet indicateur est également exprimé en pourcentage de la référence locale annuelle, définie par la coopérative.

IFT Herbicide

L'Indice de Fréquence de Traitement évalue l'utilisation de produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle sur une campagne donnée. Ici, l'IFT ne prend en compte que l'utilisation d'herbicides. Le calcul de cet indicateur est fait selon l'équation $IFT = \sum((\text{dose utilisée} * \text{pourcentage de la surface traitée}) / \text{dose homologuée})$. L'IFT est ici exprimé en pourcentage de l'IFT régional 2006 (Enquête Pratiques Culturelles 2006, Service de la Statistique et de la Prospective).

Utilisation d'herbicides du groupe HRAC B

Le choix de cet indicateur est lié à la gestion des cas de résistance des adventices aux herbicides du groupe HRAC B (Herbicide Resistance Action Committee). Les cas de résistance à ces herbicides sont majoritairement observés pour l'ivraie (*Lolium sp.*), le vulpin (*Alopecurus myosuroides* Hudson), le coquelicot (*Papaver rhoeas* L.), et le brome (*Bromus arvensis* L.) sur céréales d'hiver (DELYE C et al., 2014). Cet indicateur doit permettre de rendre compte de la fréquence d'utilisation d'herbicides inhibiteurs de l'ALS sur une culture donnée, et par extension, du risque d'apparition de résistances.

TRAITEMENT DES DONNEES ET ANALYSES STATISTIQUES

Les données annuelles sont analysées grâce au test de l'ANOVA : un test de Fisher (seuil $\alpha = 5\%$) suivi d'un test de Newman-Keuls (seuil $\alpha = 5\%$).

L'analyse des relations linéaires entre les variables de performances se base sur les corrélations de Pearson (seuil $\alpha = 5\%$). La significativité des différences entre les valeurs moyennes pour deux groupes distincts d'individus a été testée selon la méthode Mann-Whitney (test de rangs non paramétrique, seuil $\alpha = 5\%$).

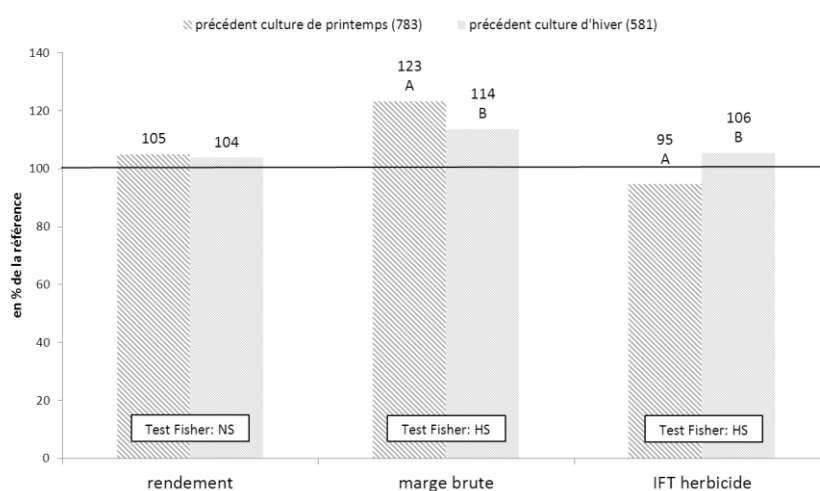
RESULTATS & DISCUSSION

Présence de cultures de printemps dans la succession culturale

À l'échelle annuelle, on remarque que l'IFT herbicide d'un blé tendre est diminué de 5% par rapport à la référence nationale lorsqu'il est précédé d'une culture de printemps (Figure 1). Il n'y a cependant pas d'effet significatif du type de précédent sur les rendements en blé. La marge brute quant à elle, est significativement supérieure de 9% lorsque le blé est précédé d'une culture de printemps. Cette amélioration est probablement due à une diminution des charges opérationnelles, liée à une moindre pression fongique et adventices.

Figure 1: Rendement, marge brute et IFT herbicide en fonction du précédent cultural d'un blé tendre d'hiver (2011-2013)

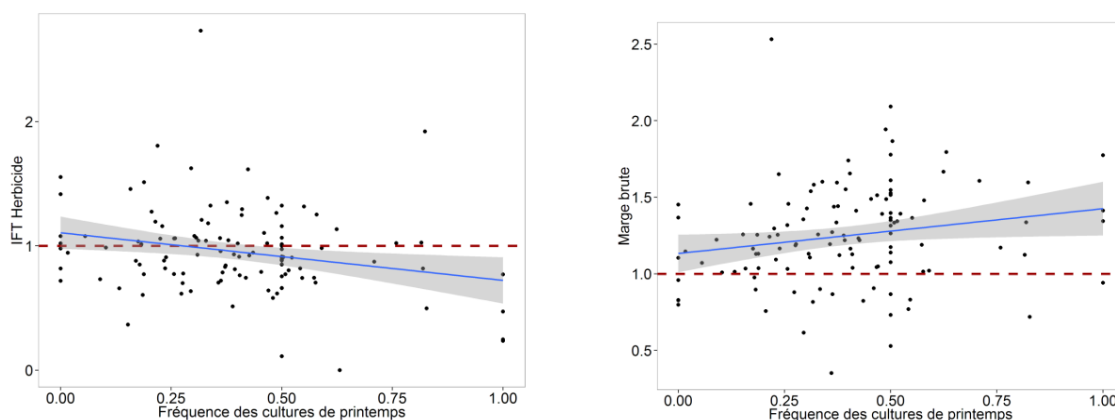
Yield, margin and herbicide TFI depending on winter wheat previous crop (2011-2013)



À l'échelle du système de culture, on remarque que la présence d'une culture de printemps (orge de printemps, maïs, tournesol, betterave sucrière, soja ou sorgho pour l'essentiel) dans la succession culturale impacte l'IFT herbicide à l'échelle de l'ensemble des cultures. En effet, l'IFT herbicide global diminue avec l'augmentation de la fréquence de cultures de printemps dans la rotation (test de corrélation de Pearson : $p\text{-value}=0,01$, $r_p=-0,24$, Figure 2). On observe aussi qu'à partir d'un seuil proche de 30% de cultures de printemps dans la rotation (soit une culture sur 3), l'IFT herbicide global devient inférieur à l'IFT herbicide moyen régional. La présence de cultures de printemps dans la rotation contribue aussi à améliorer la rentabilité avec une marge brute améliorée de 20% pour les systèmes de culture intégrant 50% de cultures de printemps dans la succession culturale par rapport aux systèmes de culture pour lesquels la part de cultures de printemps est inférieure à 10% ((test de corrélation de Pearson : $p\text{-value}=0,04$, $r_p=0,20$, Figure 2)

Figure 2: IFT herbicide et marge brute en fonction de la fréquence de cultures de printemps dans la rotation (2011-2013, 116 exploitations)

Margin, and herbicide TFI depending on spring crops frequency in crops rotation (2011-2013, 116 commercial farms)



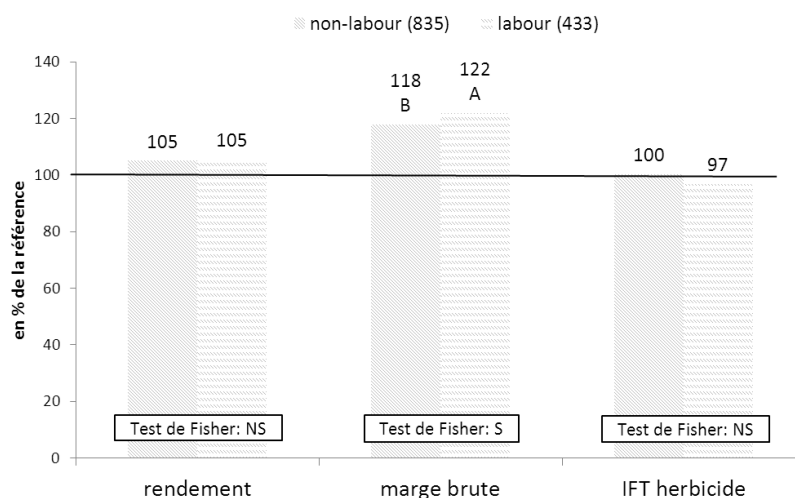
Le rendement moyen des systèmes de culture n'étant pas impacté par la présence de cultures de printemps (résultat non présenté), cette augmentation de la marge brute peut être due à un prix de vente plus élevé pour les cultures de printemps et/ou à des charges opérationnelles (charges phytosanitaires mais aussi fertilisation) plus faibles dans ces exploitations. Les systèmes intégrant des cultures de printemps ont en effet tendance à générer des pressions maladies, ravageurs et adventices moindres ainsi que des besoins en fertilisation azotée plus faibles pour les cultures de printemps.

Il faut cependant noter que cette analyse n'intègre pas le contexte pédo-climatique : les cultures de printemps sont probablement majoritairement implantées dans des contextes qui leurs sont favorables (réserve utile importante, possibilité d'irrigation...). L'analyse ne permet donc pas de conclure quant à l'intégration de cultures de printemps dans des rotations implantées dans des régions plus contraignantes (terres séchantes, pas d'irrigation...).

Réalisation d'un labour

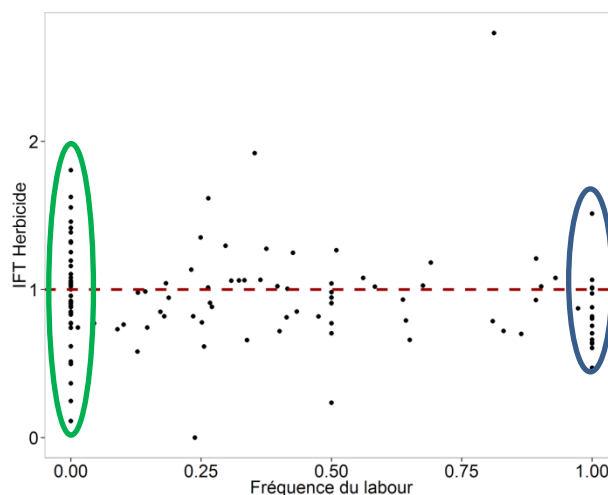
Sur blé, on n'observe aucune différence d'IFT herbicide selon que la culture ait été précédée d'un labour ou non. Le rendement et la marge sont également pas ou peu impactés (Figure 3). En revanche, les charges de mécanisation (non prises en compte dans le calcul de la marge brute) sont significativement plus élevées en non labour qu'en labour : respectivement 219€/ha et 207€/ha. Ce constat va à l'encontre des idées reçues sur les charges induites par le labour et vient probablement du fait que les agriculteurs en non labour effectuent quand même plusieurs passages mécaniques.

Figure 3: Rendement, marge brute et IFT herbicide en fonction du travail du sol avant blé tendre d'hiver (2011-2013)
Yield, margin and herbicide TFI depending on winter wheat tillage (2011-2013)



À l'échelle d'un système de culture, on n'observe aucune corrélation entre la fréquence de labour et les indicateurs technico-économiques. Néanmoins, les exploitations ayant complètement abandonné le labour ont un IFT herbicide moyen plus élevé que les systèmes où le labour est systématique (Figure 4) : respectivement 100% et 84% de l'IFT moyen régional (test de Wilcoxon, p-value=0,04). Les exploitations en non labour ont aussi une plus grande variabilité de leur IFT herbicide moyen, représentatif de la grande diversité des pratiques en non labour. A l'inverse, le labour a sans doute tendance à lisser les effets des aléas du contrôle des adventices.

Figure 4: IFT herbicide en fonction de la fréquence de labour dans la rotation (2011-2013, 116 exploitations)
herbicide TFI depending on plowing frequency in crops rotation (2011-2013, 116 commercial farm)

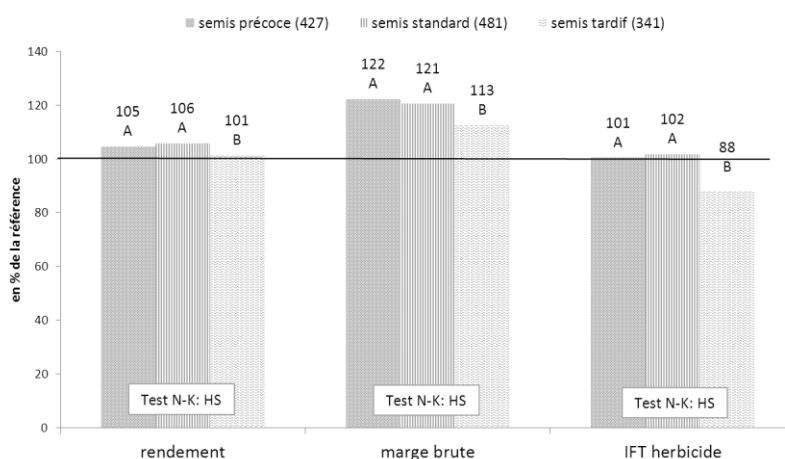


Décalage de la date de semis du blé tendre

Dans un premier temps, on constate que les performances techniques et économiques des semis précoces et standards sont très proches. Ce sont les semis tardifs qui se démarquent (Figure 5). En effet, sur les parcelles de blé semées tardivement, on constate un IFT herbicide statistiquement plus faible par rapport à des semis précoces et standards. Cependant, cette pratique impacte négativement le rendement et la marge brute : les rendements sont en moyenne inférieurs de 4 à 5% à des rendements réalisés en semis précoces ou standards ; la marge brute est en moyenne inférieure de 7 à 9% aux marges réalisées en semis précoces ou standards.

La diminution de l'utilisation d'herbicides en cas de semis tardif peut s'expliquer par la formulation de deux hypothèses : d'une part, les infestations de graminées sont généralement moindres lorsque l'on retarde le semis, nécessitant moins d'herbicide; d'autre part, il y a moins de possibilité de désherbage d'automne en cas de semis tardif. Pour cette raison, on constate aussi, dans le cas de semis tardifs, une augmentation de la fréquence d'emploi d'herbicides inhibiteurs de l'ALS, généralement appliqués en sortie d'hiver.

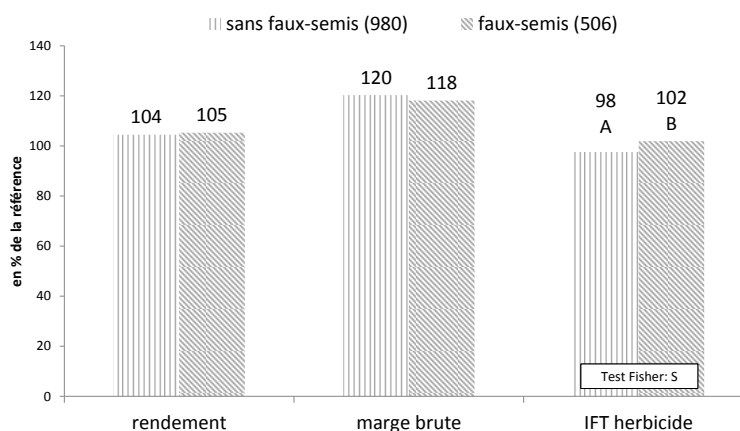
Figure 5: Rendement, marge brute, IFT herbicide et fréquence d'emploi d'inhibiteurs de l'ALS en fonction de périodes de semis de blé (2011-2012-2013)
Yield, margin, herbicide TFI and, frequency of ALS inhibitors use depending on winter wheat seeding period (2011-2012-2013)



Réalisation de faux-semis pendant l'interculture

La réalisation d'un (ou plusieurs) faux-semis pendant l'interculture et avant implantation d'un blé tendre d'hiver montre très peu d'intérêt technico-économique (Figure 6). Il est très probable que l'effet d'un faux-semis ne soit perceptible qu'à long terme au travers de son effet sur la diminution du stock semencier. Il est aussi possible qu'une moindre utilisation d'herbicide en culture soit compensée, dans le calcul de l'IFT, par une utilisation plus importante de glyphosate à l'interculture. En revanche, les charges de mécanisation sont significativement plus importantes pour les parcelles de blé ayant bénéficié d'un faux semis : + 21€/ha en moyenne.

Figure 6: Rendement, marge et IFT herbicide en fonction de la réalisation d'un faux-semis avant semis d'un blé tendre d'hiver (2011-2013)
Yield, margin and herbicide TFI depending on use of stale seedbed technique before winter wheat sowing (2011-2013)



A l'échelle de l'exploitation, on n'observe également aucune corrélation entre la fréquence de faux semis et l'IFT herbicide (résultat non présenté).

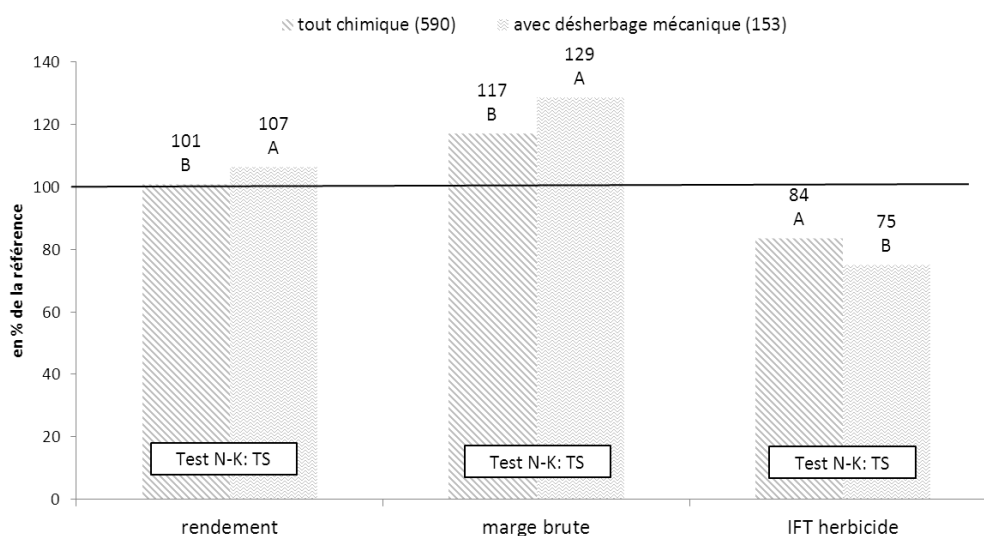
Désherbage mixte en culture sarclée

Le désherbage mixte sur cultures sarclées (maïs, tournesol, betteraves, soja, sorgho) démontre un intérêt sur l'aspect technique (Figure 7). L'IFT herbicide de ces parcelles est en effet significativement plus faible : -9% en moyenne. Le différentiel est cependant moins important que ce que l'on aurait pu attendre. De fait, il est probable qu'un passage d'outil mécanique ne remplace pas complètement une application chimique. Le désherbage mixte bénéficie également aux indicateurs

économiques. Le rendement réalisé sur ces parcelles est significativement plus élevé : + 6% en moyenne, de même que la marge brute : +12%. Il faut cependant noter que les charges de mécanisation, non prises en compte dans le calcul de la marge brute, augmentent aussi significativement : +12€/ha en moyenne pour le désherbage mixte.

L'augmentation de rendement observée en désherbage mixte peut être due à plusieurs facteurs. Il est d'abord probable que la culture bénéficie de l'aération du sol induite par le travail mécanique superficiel. Le binage, principal levier de désherbage mécanique, induit en effet une restructuration superficielle du sol qui se traduit par une amélioration des échanges gazeux et hydriques. On peut aussi supposer que la culture souffre moins d'un éventuel manque de sélectivité des produits herbicides appliqués.

Figure 7: Rendement, marge et IFT herbicide en fonction du type de désherbage de cultures sarclées (2011-2012-2013)
Yield, margin and herbicide TFI depending on row crop weeding method (2011-2012-2013)



CONCLUSION

Cette étude, de par son envergure et son échelon d'observation, permet une analyse nouvelle des leviers agronomiques proposés aux agriculteurs pour la gestion des adventices. Les pratiques étudiées ici sont en effet les leviers permettant les niveaux d'efficacité les plus probants en expérimentation et, de ce fait, sont aussi les plus fréquemment proposés aux agriculteurs.

Or on observe ici que certains leviers n'ont pas, à l'échelle parcellaire ou exploitation, les effets escomptés au regard des résultats d'expérimentation. C'est le cas notamment des faux semis et du labour. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette distorsion entre les observations faites dans les essais et celles faites à l'échelle parcellaire ou exploitation. D'une part, la diminution de la pression adventice n'engendre pas systématiquement une baisse de l'utilisation d'herbicides. En effet, l'application d'herbicide dépend également du spectre d'adventices visé et de l'échelonnement des levées. De plus, la dose d'herbicide appliquée ne dépend pas de la densité de flore à contrôler mais des espèces présentes. D'autre part, il est probable que, du fait de l'effet pérenne de la gestion du stock semencier d'adventices, l'impact de ces leviers de travail du sol soit visible à plus long terme. Enfin, il est certain que l'intérêt des faux semis ou du labour est également dépendant de leur positionnement technique : leur efficacité sera significative lorsqu'ils seront positionnés après un échec de désherbage ou pour contrôler un certain type de flore. Ces informations sur le positionnement ne sont pas disponibles dans cette étude.

Pour d'autres leviers au contraire, cette étude confirme l'intérêt observé en situation expérimentale. C'est le cas pour la rotation et, dans une moindre mesure, pour les semis de céréales retardés et le désherbage mixte. Concernant la rotation, l'alternance de cultures de printemps et de cultures d'hiver semble être le levier le plus impactant pour réduire l'IFT herbicide. Cet effet est montré à l'échelle du système de culture mais aussi à court terme avec l'effet précédent cultural. Il serait d'ailleurs intéressant de creuser certains aspects de ce levier rotationnel : rotations les plus performantes, intérêt des cultures de couverture (prairies, luzerne...), analyse régionalisée de l'impact de l'introduction d'une culture de printemps dans un assolement donné... Le décalage du semis des céréales montre également un réel intérêt technique. Cet intérêt n'est cependant visible que pour des semis très retardés, qui pénalisent le rendement. En expérimentation, on montre pourtant que sur des parcelles fortement infestées en graminées, la balance réduction de la nuisibilité / baisse du potentiel de rendement peut être largement favorable à des semis tardifs. En ce qui concerne l'introduction de désherbage mécanique dans les programmes de désherbage des cultures sarclées, on observe aussi un intérêt sur l'IFT herbicide. Néanmoins, cette baisse d'IFT n'est pas aussi importante que celle que l'on peut observer dans les essais (baisse de 37% de l'IFT dans les essais du Réseau InVivo, 19 références 2010-2012). Plusieurs raisons peuvent expliquer cette distorsion : le désherbage mécanique, très technique, est encore insuffisamment maîtrisé pour permettre une diminution de l'utilisation des herbicides ; les agriculteurs préfèrent être sécuritaires et baissent peu leur consommation d'herbicide quand ils introduisent du désherbage mécanique. C'est donc un levier que les agriculteurs devront s'approprier pour qu'il permette une réelle diminution de la consommation d'herbicides.

Cette étude offre de nouvelles clés pour comprendre l'impact de l'introduction de leviers agronomiques dans des systèmes de culture. La quantité de données collectées depuis 2010 va permettre de pousser plus loin certaines analyses : faire des études régionalisées, pour comprendre l'effet de l'introduction d'une pratique dans un type de système donné ; faire des comparaisons inter-annuelles, particulièrement intéressantes pour certains leviers dont on sait que l'efficacité est dépendante des conditions climatiques, comme le faux semis ; étudier l'effet combiné de certains leviers (faux semis combiné à un semis retardé par exemple). Il serait également intéressant de croiser cette étude avec une analyse sociologique. En effet, les choix des agriculteurs ne sont pas uniquement conditionnés par des critères technico-économiques mais sont aussi influencés par des critères sociaux, voire psychologiques : connaître les cercles d'influence des agriculteurs, comprendre les mécanismes décisionnels, intégrer la notion de prise de risque... autant d'informations qui aideront à comprendre l'adoption des leviers agronomiques par les agriculteurs et à les déployer sur le terrain.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les animateurs du Réseau FermEcophyto des coopératives qui ont contribué à la collecte de ces données, ainsi que tous les agriculteurs qui se mobilisent pour participer à ce projet et tentent de réduire l'impact de leurs pratiques agricoles sur l'environnement. Les auteurs remercient également l'équipe Traitement de Données de la direction Technique & Développement d'InVivo AgroSolutions pour avoir permis l'exploitation de ces données.

BIBLIOGRAPHIE

ANDERSON RL, TANAKA DL, BLACK AL, SCHWEIZER EE, 1998. Weed Community and Species Response to Crop Rotation, Tillage, and Nitrogen Fertility. *Weed Technology*. Volume 12:531-536.

BÁRBERI P & LO CASCIO B, 2000. Long-term tillage and crop rotation effects on weed seedbank size and composition. *European Weed Research Society Weed Research 2001*, 41, 325-340.

DELYE C, DUROUEIX F, DENIEUL C, 2014. Résistances aux inhibiteurs de l'ALS : gérer une situation tendue. Perspectives Agricoles, n°414, Septembre 2014, p.40-43.

LIEBMAN M, DYCK E, 1993. Crop Rotation and Intercropping Strategies for Weed Management. Ecological Applications, Vol. 3, No. 1. (Feb., 1993), pp. 92-122.

RASMUSSEN IA, 2004. The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat Department of Crop Protection, Research Centre Flakkebjerg, Danish Institute of Agricultural Sciences, Slagelse, Denmark. European Weed Research Society Weed Research 2004, 44, 12–20